

# 汽车零部件行业研究

买入（上调评级）

## 行业深度研究

证券研究报告

国金证券研究所

分析师：陈传红（执业 S1130522030001） 分析师：苏晨（执业 S1130522010001）

chenchuanhong@gjzq.com.cn

suchen@gjzq.com.cn

联系人：姚云峰

yaoyunfeng@gjzq.com.cn

## 钠电池：降本大趋势的重要路线，体系渐成

### 行业观点：

**降本诉求日益浓厚，钠电大趋势无忧。**相较于锂电，钠电能量密度较低，产业发展不成熟，但长期成本竞争力显著。钠电、锂电制造工序、良率相近，规模化后制造费用基本相近，钠电成熟期物料成本约为 0.27 元/wh，而锂电在 20 万元锂价时物料成本为 0.42 元/wh，对应单车成本可下降约 4000 元。此外，钠电高低温性能、安全性更佳，亦成为钠电产品有力卖点。

**产品指标持续升级，应用场景不断打开。**目前钠电产品正处于迭代中，目前循环 1500+次、能量密度 140wh/kg 的产品指标已满足 A00、两轮等场景应用要求。我们预计 23 年开始，两轮车、低速电动车等将逐步开启应用，预计 2026 年钠电装机需求量超 110Gw。

**电池制造：供应链管控&一体化盈利兑现度高。**钠电池的低成本应用领域将对制造厂的降本具有很强的要求，供应链管控&材料一体化是关键。从价值量占比看，正极、负极、电解液分别占成本 30%、18%、30%，具有产业链延伸能力企业盈利兑现度强。

**材料体系：层状氧化物&硬碳负极为产业化路径主流。**

- 1) 正极材料：普鲁士路线低成本、容量相对较高，但循环性能、倍率性能差。层状氧化物成本适中，容量较高且与三元工艺相近，有望率先量产。聚阴离子循环性能佳，但倍率性能、容量较低，产品仍需迭代。
- 2) 负极材料：生物质硬碳目前指标最佳，将率先放量，核心在于资源端的锁定。从中长期看，沥青基在规模化、成本上潜力更大。生产工艺与石墨负极相差较大。
- 3) 电解液：溶质以六氟磷酸钠为主，无需向 NaFSI 等领域迭代，醚基电解液性能更佳，工艺与现有六氟磷酸锂协同性较强。
- 4) 其他：隔膜可以选用成本更低的玻璃纤维，负极采用铝箔。

### 投资建议：

钠电产业化将至，新旧厂商均有望受益，我们推荐：

宁德时代：钠电产业化领军者之一，电池指标性能优异，规划 2023 年实现产业化；

多氟多：六氟磷酸钠龙头，布局一体化钠电池产业链；

振华新材：钠电材料龙头，下游客户优质；

贝特瑞：负极行业龙头，硬碳材料研发领先；

元力股份：硬碳材料新星，具有工艺协同、原材料供应优势。

### 风险提示：

钠离子电池产业化进程不及预期的风险；下游市场发展不及预期的风险。

## 内容目录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 一、产业化：伴锂起舞，处于量产前夕.....      | 4  |
| 1.1 前世今生：锂价高企，钠电重回舞台.....   | 4  |
| 1.2 应用场景：低成本诉求下，场景不断打开..... | 4  |
| 二、材料体系：协同与变革，规模化能力为核心.....  | 8  |
| 2.1 正极：三类路线各有应用场景.....      | 8  |
| 2.2 负极：规模化能力为核心.....        | 12 |
| 2.3 电解液：体系变化，工艺延续主流.....    | 16 |
| 三、投资建议.....                 | 17 |
| 四、风险提示.....                 | 17 |

## 图表目录

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 图表 1： 钠、锂电池发展进程.....                                              | 4  |
| 图表 2： 铅酸电池、锂离子电池和钠离子电池性能对比.....                                   | 5  |
| 图表 3： 磷酸铁锂-碳酸锂敏感性分析.....                                          | 5  |
| 图表 4： 钠电物料成本拆分.....                                               | 6  |
| 图表 5： 钠电、磷酸铁锂成本曲线.....                                            | 6  |
| 图表 6： 储能套利测算.....                                                 | 7  |
| 图表 7： 钠电应用场景比较.....                                               | 7  |
| 图表 8： 钠电替换后产品价格下降幅度.....                                          | 7  |
| 图表 9： 钠电池需求测算.....                                                | 8  |
| 图表 10： 钠离子电池主流正极材料分类.....                                         | 9  |
| 图表 11： 钠离子电池主流正极材料各自工艺.....                                       | 9  |
| 图表 12： 传统层状钠离子电池正极材料及其性能.....                                     | 10 |
| 图表 13： PBAs 的三种合成方法.....                                          | 11 |
| 图表 14： PB 及 PBAs 复合材料及性能.....                                     | 11 |
| 图表 15： 聚阴离子化合物 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ 的晶体结构图..... | 12 |
| 图表 16： 部分钒基聚阴离子型化合物的主要特征参数和性能水平.....                              | 12 |
| 图表 17： 硬碳&软碳生产流程.....                                             | 13 |
| 图表 18： 负极材料对比.....                                                | 13 |
| 图表 19： 钠电负极分类.....                                                | 14 |
| 图表 20： 钠电负极原材料分类.....                                             | 14 |
| 图表 21： 碳化机制.....                                                  | 15 |
| 图表 22： 硬碳常见掺杂元素.....                                              | 15 |

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 图表 23: 碳材料复合可提高硬碳负极材料在钠离子电池中的电化学性能 .....     | 16 |
| 图表 24: 使用次氯酸钠基电解液作为碳质电极具有较高的容量和较高的库仑效率 ..... | 16 |
| 图表 25: 钠电池溶剂-溶质体系 .....                      | 17 |
| 图表 26: 推荐标的盈利预测 .....                        | 17 |

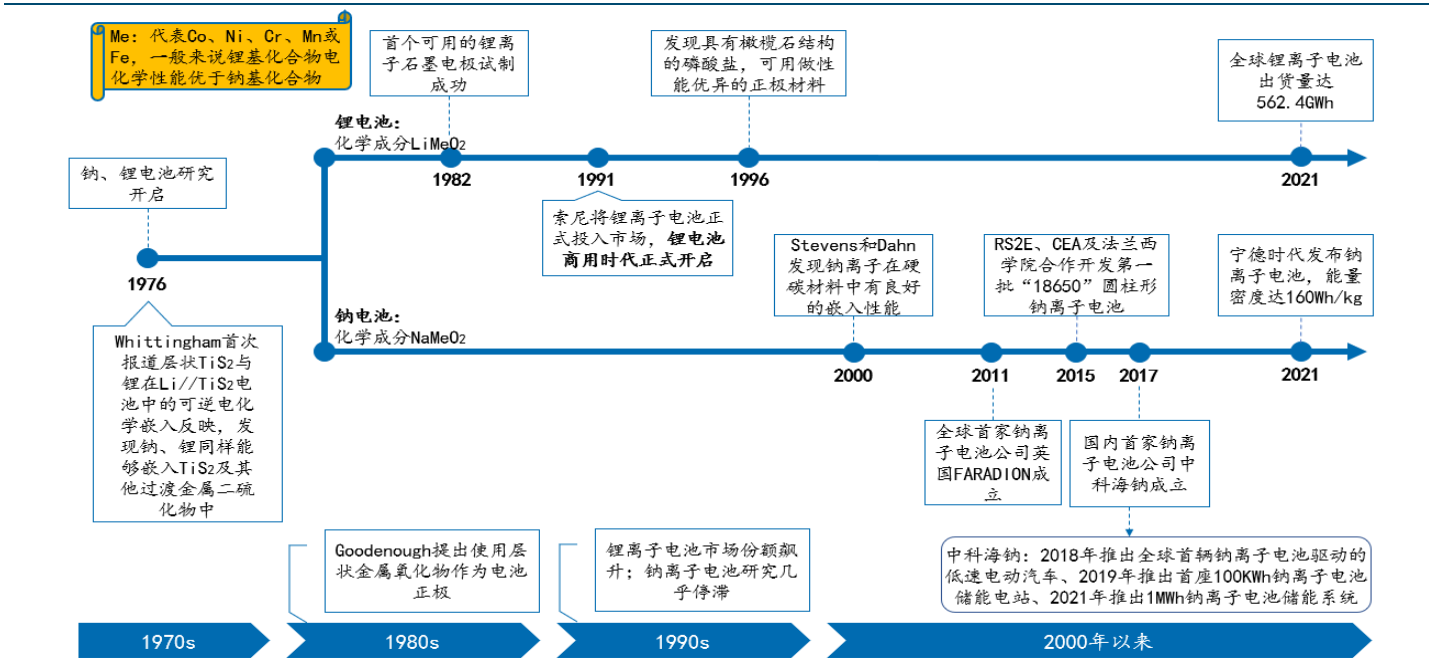
## 一、产业化：伴锂起舞，处于量产前夕

### 1.1 前世今生：锂价高企，钠电重回舞台

钠电与锂电几乎同时起步，负极瓶颈导致产业化落后。20 世纪 70 年代，钠电与锂电同期起步。90 年代，摇椅电池诞生，负极由金属负极转向碳负极，而钠离子半径比锂离子大，钠离子在软碳和石墨难以发生嵌入和脱嵌，导致相同材料的钠离子电池的容量比起锂离子电池大约只有十分之一。1991 年，日本索尼率先将锂离子电池投入市场，标志着锂电池商用时代的正式开启，钠电研发停滞。

锂电资源供应短缺担忧，钠电池商业化再次得到重视。随着锂供应短缺担忧及低成本储能电池需求的日益增长，近十年钠电池研究取得快速发展，国内外已有多家企业布局钠电池产业，钠电池已逐步由实验室走向商业化应用阶段。

图表 1：钠、锂电池发展进程



来源：钜大锂电，前瞻经济学人，国金证券研究所

### 1.2 应用场景：低成本诉求下，场景不断打开

钠的竞争优势：低成本、高低温稳定性佳、倍率性能好等。1) 钠资源储量丰富、分布广泛、成本低廉，无发展瓶颈。2) 钠离子电池具有优异的倍率性能和高、低温性能。3) 钠离子电池在安全性测试中不起火、不爆炸，安全性能好。

**图表2：铅酸电池、锂离子电池和钠离子电池性能对比**

| 指标        | 铅酸电池       | 锂离子电池        | 钠离子电池         |
|-----------|------------|--------------|---------------|
|           |            | (磷酸铁锂/石墨体系)  | (铜基氧化物/煤基碳体系) |
| 质量能量密度    | 30~50Wh/kg | 120~180Wh/kg | 100~150Wh/kg  |
| 体积能量密度    | 60~100Wh/L | 200~350Wh/L  | 180~280Wh/L   |
| 循环寿命      | 300~500 次  | 3000 次以上     | 2000 次以上      |
| 平均工作电压    | 2.0V       | 3.2V         | 3.2V          |
| -20℃容量保持率 | 小于 60%     | 小于 70%       | 88%以上         |
| 耐过放电      | 差          | 差            | 可放电至 0V       |
| 安全性       | 优          | 优            | 优             |
| 环保特性      | 差          | 优            | 优             |

来源：容晓晖等《钠离子电池：从基础研究到工程化探索》，国金证券研究所

从成本竞争力考量，铅酸电池成本约为 0.4 元/wh，成本比较稳定。锂电池由于高锂价，导致成本波动较大。以目前 55 万元/吨碳酸锂计算，磷酸铁锂物料成本约为 0.66 元/wh，若锂价回调至 20 万元/吨，则物料成本约为 0.42 元/wh。

**图表3：磷酸铁锂-碳酸锂敏感性分析**

| 碳酸锂（万元/吨）  | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45    | 50    | 55    | 60    |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 磷酸铁锂       | 1.49 | 1.77 | 2.06 | 2.35 | 2.63 | 2.92 | 3.21 | 3.49  | 3.78  | 4.07  | 4.35  |
| —碳酸锂       | 2.34 | 3.51 | 4.68 | 5.85 | 7.02 | 8.19 | 9.36 | 10.53 | 11.70 | 12.87 | 14.04 |
| —磷酸铁       | 1.73 | 1.73 | 1.73 | 1.73 | 1.73 | 1.73 | 1.73 | 1.73  | 1.73  | 1.73  | 1.73  |
| —其他        | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2     | 2     | 2     | 2     |
| 电解液        | 0.35 | 0.37 | 0.39 | 0.41 | 0.43 | 0.44 | 0.46 | 0.48  | 0.50  | 0.52  | 0.53  |
| —六氟磷酸锂     | 0.68 | 0.84 | 1.00 | 1.16 | 1.33 | 1.49 | 1.65 | 1.81  | 1.98  | 2.14  | 2.30  |
| —溶剂        | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83  | 0.83  | 0.83  | 0.83  |
| —VC、FEC    | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72  | 0.72  | 0.72  | 0.72  |
| —其他        | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1     | 1     | 1     | 1     |
| 隔膜         | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14  | 0.14  | 0.14  | 0.14  |
| 负极         | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44  | 0.44  | 0.44  | 0.44  |
| 集流体-正极     | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10  | 0.10  | 0.10  | 0.10  |
| 集流体-负极     | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56  | 0.56  | 0.56  | 0.56  |
| 壳体         | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48  | 0.48  | 0.48  | 0.48  |
| 物料成本（wh/元） | 0.36 | 0.39 | 0.42 | 0.45 | 0.48 | 0.51 | 0.54 | 0.57  | 0.60  | 0.63  | 0.66  |

来源：GGII 等，国金证券研究所测算

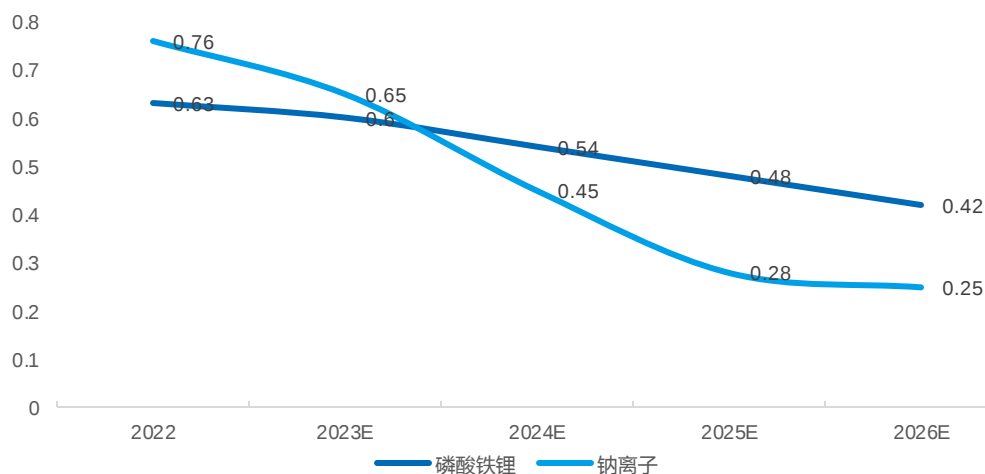
材料端的规模化是钠电降本关键。目前由于正极（假设层状氧化物目前价格 8 万元/吨，远期降至 3 万元/吨）、电解液（假设六氟磷酸钠目前 20 万元/吨，远期降至 10 万元/吨）、负极（假设硬碳目前 12 万元/吨，远期降至 5 万元/吨）均未大规模形成产能，导致成本较高。短期相较于磷酸铁锂物料成本差别不大，约为 0.60 元/wh。长期三大材料规模化后，将下降至 0.27 元/wh。

图表4: 钠电物料成本拆分

| 成本项         | 短期   | 中期   | 长期   | 单耗    |
|-------------|------|------|------|-------|
| 层状氧化物       | 1.80 | 1.55 | 0.82 | 0.245 |
| —碳酸钠        | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.12  |
| —其他金属       | 2.30 | 2.30 | 2.30 | 1.00  |
| —其他(制造费用等)  | 5    | 4    | 1    | 1     |
| 电解液         | 1.77 | 1.20 | 0.51 | 0.16  |
| —六氟磷酸钠      | 2.60 | 1.95 | 0.65 | 0.13  |
| —溶剂         | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83  |
| —VC、FEC     | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.06  |
| —其他         | 2    | 1.5  | 1    | 1     |
| 隔膜          | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.19  |
| 负极          | 1.56 | 0.91 | 0.52 | 0.13  |
| 集流体-正极      | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.1   |
| 集流体-负极      | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.1   |
| 壳体          | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.06  |
| 物料成本 (wh/元) | 0.60 | 0.45 | 0.27 |       |

来源: GGII, 国金证券研究所

图表5: 钠电、磷酸铁锂成本曲线



来源: 容晓晖等《钠离子电池: 从基础研究到工程化探索》, 国金证券研究所

应用场景一: 低速电动车, 低成本。充电性能方面, 一般需具备 3C 倍率的放电能力, 充电性能方面, 由于低速电动车充电一般采用车载充电机进行充电, 220V 家庭用电即可满足其充电功率要求, 同时, 充电一般晚上进行, 假设 3 小时充满, 对应倍率为 0.33C。循环寿命方面, 市场主流低速电动车续航里程, 如果规定用车 5 年, 则要求循环寿命不低于 900 周。此外, 相较于锂电, 钠电低高温性能更好, 更适合北方使用且安全性更佳。

应用场景二: 储能, 低成本+长循环。成本角度, 以一套 30Kw/ (100kwh) 的储能系统为例, 假设系统 5 年收回成本, 单日充放电频率为 1 次, 按照峰电 1 元/度、谷电 0.3 元/度计算, 5 年套利为 89352 元。对应储能系统成本为 0.9 元/Wh, 电芯成本为 0.54 元/Wh, 若运行 10 年则需要循环寿命为 3650 次。

**图表6: 储能套利测算**

| 年限   | 1            | 2     | 3       | 4     | 5       | 备注               |
|------|--------------|-------|---------|-------|---------|------------------|
| 电价政策 | 高峰电价/(元/KWh) | 1     | 1       | 1     | 1       | 电价政策不变           |
|      | 低谷电价/(元/KWh) | 0.3   | 0.3     | 0.3   | 0.3     |                  |
| 收益核算 | 电池衰减累计       | 0%    | 2%      | 4%    | 6%      | 与初始比             |
|      | 比容量保持率       | 100%  | 98%     | 96%   | 94%     | 与初始比             |
|      | 系统电量/KWh     | 100   | 98      | 96    | 94      | 与初始比             |
|      | 充放电深度        | 85%   | 85%     | 85%   | 85%     | 降低电池衰减           |
|      | 能量效率         | 90%   | 90%     | 90%   | 90%     | 包括电池与 PCS        |
|      | 可用电量/KWh     | 76.5  | 74.97   | 73.44 | 71.91   | 考虑 DOD 和寿命, 扣除效率 |
|      | 峰谷差价/元       | 0.7   | 0.7     | 0.7   | 0.7     |                  |
|      | 一天充放/次       | 1     | 1       | 1     | 1       |                  |
|      | 每年运行/天       | 365   | 365     | 365   | 365     |                  |
|      | 每年存储电量/KWh   | 31025 | 30404.5 | 29784 | 29163.5 | 用电低谷充入           |
|      | 每年放出电量/KWh   | 27923 | 27364   | 26806 | 26247   | 用电高峰放出           |
|      | 全年峰谷套利(元/年)  | 18615 | 18243   | 17870 | 17498   | 高峰时放出电量费用减去低     |
|      | 累计峰谷套利/元     | 18615 | 36858   | 54728 | 72226   | 89352            |

来源: 容晓晖等《钠离子电池: 从基础研究到工程化探索》, 国金证券研究所

应用场景三: 电动叉车, 低成本。电动叉车目前电池主要由铅酸电池供电, 循环寿命要求与低速电动车类似, 1000 次左右即可, 其对能量密度要求不高, 因为对于电动叉车其质量越重越好。

**图表7: 钠电应用场景比较**

|             | 二轮+三轮    |      | 低速电动车    |      | 储能         |      |
|-------------|----------|------|----------|------|------------|------|
| 指标          | 最低标准     | 是否满足 | 最低标准     | 是否满足 | 最低标准(参考锂电) | 是否满足 |
| 倍率性能(C)     | 0.3C     | √    | 0.3C     | √    | -          | √    |
| 循环次数(次)     | 1000     | √    | 1000     | √    | 5000       | 部分满足 |
| 能量密度(wh/kg) | >40wh/kg | √    | >70wh/kg | √    | 145Wh/kg   | 部分满足 |

来源: 容晓晖等《钠离子电池: 从基础研究到工程化探索》, 国金证券研究所

成本下降幅度: 储能、低速电动车、两轮下降幅度明显。从中长期的降本影响度来看, 低速电动车、储能、两轮单台/单度电成本下降均达 10% 以上, 具有显著的降本效应。

**图表8: 钠电替换后产品价格下降幅度**

|                | 两轮    | 三轮   | 电动叉车  | 低速电动车 | 储能    |
|----------------|-------|------|-------|-------|-------|
| 单台价格/度电价格(元)   | 1000  | 4500 | 15000 | 50000 | 1.3   |
| 度电(kwh)        | 1     | 3    | 7     | 30    | 1     |
| 现有电池度电成本(元/wh) | 0.4   | 0.4  | 0.4   | 0.5   | 0.5   |
| 替换后成本(元/wh)    | 0.3   | 0.3  | 0.3   | 0.3   | 0.3   |
| 单台成本下降(元)      | 100   | 300  | 700   | 6000  | 0.2   |
| 成本下降幅度         | 10.0% | 6.7% | 4.7%  | 12.0% | 15.4% |

来源: 容晓晖等《钠离子电池: 从基础研究到工程化探索》, 国金证券研究所

预计 2026 年装机量超 100Gw。拆分下游需求来看, 低速电动车、小储能预计在 23 年初步放量, 在大储领域待钠电循环性能持续改善后持续放量。

**图表9：钠电池需求测算**

|                   | 2021 | 2022E | 2023E | 2024E | 2025E | 2026E  |
|-------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| A0+A00 级销量（万台）    | 98   | 118   | 141   | 169   | 203   | 244    |
| 渗透率               | 0.0% | 0.0%  | 3.0%  | 3.0%  | 10.0% | 20.0%  |
| 销量（万台）            |      |       | 4.2   | 5.1   | 20.3  | 48.8   |
| 单车带电量（kwh）        | 30   | 30    | 30    | 30    | 30    | 30     |
| 装机量（Gwh）          |      |       | 1.3   | 1.5   | 6.1   | 14.6   |
| 三轮车销量（万台）         | 1000 | 1000  | 1000  | 1000  | 1000  | 1000   |
| 渗透率               | 0.0% | 0.0%  | 2.0%  | 5.0%  | 7.0%  | 15.0%  |
| 销量（万台）            |      |       | 20.0  | 50.0  | 70.0  | 150.0  |
| 单车带电量             | 3    | 3     | 3     | 3     | 3     | 3      |
| 装机量（Gwh）          |      |       | 0.6   | 1.5   | 2.1   | 4.5    |
| 两轮车销量（万台）         | 4000 | 4000  | 4000  | 4000  | 4000  | 4000   |
| 渗透率               | 0.0% | 0.0%  | 2.0%  | 5.0%  | 15.0% | 50.0%  |
| 销量（万台）            |      |       | 80.0  | 200.0 | 600.0 | 2000.0 |
| 单车带电量             | 1    | 1     | 1     | 1     | 1     | 1      |
| 装机量（Gwh）          |      |       | 0.8   | 2.0   | 6.0   | 20.0   |
| 1、低速电动车装机量小计（Gwh） |      |       | 2.7   | 5.0   | 14.2  | 39.1   |
| 储能合计              | 27.3 | 49.1  | 88.5  | 159.2 | 286.6 | 372.6  |
| 渗透率               | 0.0% | 0.5%  | 0.5%  | 3.0%  | 5.0%  | 10.0%  |
| 户储                | 5.9  | 13.4  | 24.3  | 39.8  | 63.7  | 82.8   |
| 渗透率               |      |       | 3.0%  | 5.0%  | 10.0% | 20.0%  |
|                   |      |       | 0.7   | 2.0   | 6.4   | 16.6   |
| 5G+IDC            | 12.5 | 18.1  | 22.5  | 24.9  | 25.7  | 26.8   |
| 渗透率               |      | 2.0%  | 5.0%  | 15.0% | 25.0% | 35.0%  |
|                   |      | 0.4   | 1.1   | 3.7   | 6.4   | 9.4    |
| 大储及其他             | 8.9  | 17.6  | 41.7  | 94.5  | 197.2 | 262.9  |
| 渗透率               |      |       |       | 1.0%  | 5.0%  | 10.0%  |
|                   |      |       | 0.0   | 0.9   | 9.9   | 26.3   |
| 2、储能装机量（Gwh）      |      | 0.4   | 1.9   | 6.7   | 22.7  | 52.2   |
| 电动叉车销量（万台）        | 66.2 | 86.1  | 111.9 | 145.4 | 189.1 | 245.8  |
| 渗透率               | 0.0% | 0.0%  | 0.2%  | 3.0%  | 15.0% | 35.0%  |
| 销量（万台）            |      |       | 0.2   | 4.4   | 28.4  | 86.0   |
| 单车带电量             |      |       | 7     | 7     | 7     | 7      |
| 3、电动叉车装机量（Gwh）    |      |       | 0.0   | 0.3   | 2.0   | 6.0    |
| 钠电装机量合计（Gwh）      | 0.0  | 0.4   | 6.4   | 15.0  | 47.0  | 116.5  |

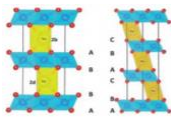
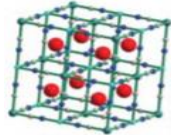
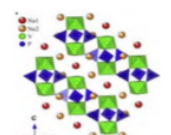
来源：GGII 等，国金证券研究所测算

## 二、材料体系：协同与变革，规模化能力为核心

### 2.1 正极：三类路线各有应用场景

正极材料在很大程度上决定电池的能量密度和循环性能。目前研究的钠离子电池正极材料主要分为层状氧化物、普鲁士蓝类化合物和聚阴离子型化合物，其中层状氧化物和普鲁士蓝类化合物因可逆比容量高、能量密度高、原材料价格较低等优势，成为目前产业化靠前的两大主流路线，聚阴离子循环性能佳更佳适合用于储能，但其能量密度低、电导率低，需持续改进。

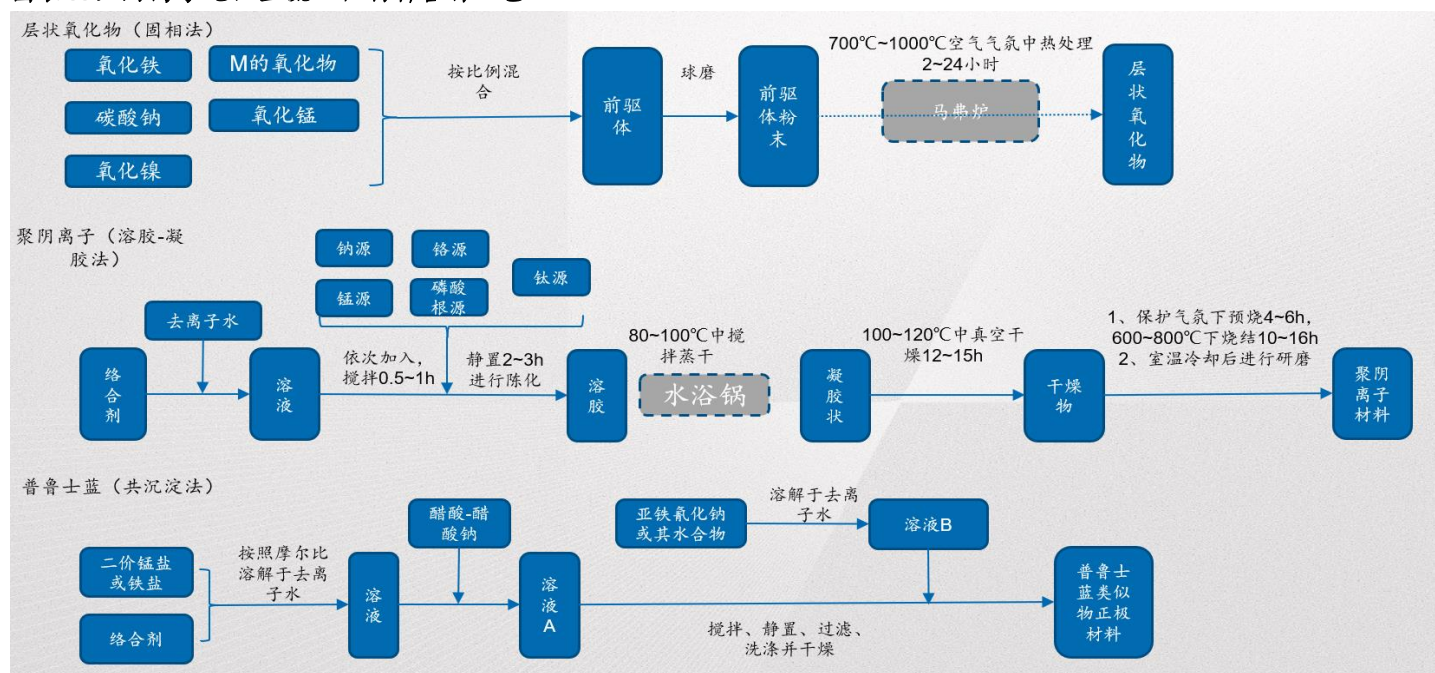
图表10：钠离子电池主流正极材料分类

| 正极材料       | 晶体结构                                                                               | 优点                        | 缺点             | 单价                              | 代表性材料                                                                    | 比容量 (mAh/g) | 电压 (V) |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|
| 层状氧化物体系    |   | 可逆比容量高、能量密度高、倍率性能高、技术转化容易 | 容易吸湿、循环性能稍差    | 铜铁锰层状氧化物约3万元/吨、镍铁锰层状氧化物约4.2万元/吨 | $\text{NaCu}_{1/9}\text{Ni}_{2/9}\text{Fe}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}$ | 127         | 3.1    |
|            |                                                                                    |                           |                |                                 | $\text{NaCu}_{0.22}\text{Fe}_{0.30}\text{Mn}_{0.48}\text{O}_2$           | 100         | 3.2    |
|            |                                                                                    |                           |                |                                 | $\text{NaNi}_{0.60}\text{Fe}_{0.25}\text{Mn}_{0.15}\text{O}_2$           | 190         | 3.1    |
| 普鲁士蓝类化合物体系 |   | 工作电压可调、可逆比容量高、能量密度高、合成温度低 | 导电性差、库伦效率低     | 2.2 万元/吨                        | $\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$<br>亚铁氰化钠                             | 89          | 3.4    |
|            |                                                                                    |                           |                |                                 | $\text{Na}_2\text{Fe}_2(\text{CN})_6$<br>亚铁氰化铁钠                          | 160         | 3.1    |
|            |                                                                                    |                           |                |                                 | $\text{Na}_2\text{MnFe}(\text{CN})_6$<br>亚铁氰化锰钠                          | 150         | 3.4    |
| 聚阴离子型      |  | 工作电压高、热稳定性好、循环好、空气稳定性好    | 可逆比容量低、部分含有毒元素 | \                               | $\text{NaFePO}_4$<br>磷酸铁钠                                                | 142         | 3.4    |
|            |                                                                                    |                           |                |                                 | $\text{NaVPO}_4\text{F}$<br>氟磷酸钒钠                                        | 130         | 3.3    |
|            |                                                                                    |                           |                |                                 | $\text{Na}_2\text{MnSiO}_4$                                              | 200         | 2.9    |
|            |                                                                                    |                           |                |                                 | $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_2\text{O}_{1.6}\text{F}_{1.4}$       | 155.6       | 3.8    |

来源：《Fundamentals, status and promise of sodium-based batteries》，《室温钠离子电池技术经济性分析》，Chemical Book, 国金证券研究所

从生产工艺看，层状氧化物与三元工艺相近，聚阴离子更相近与磷酸铁锂，普鲁士蓝主要是采用共沉淀法，与现有正极材料工艺体系无较大的关联性。

图表11：钠离子电池主流正极材料各自工艺



来源：公司公告等，国金证券研究所

层状氧化物：容量高，量产化可行性强。层状氧化物正极材料在充放电过程中通常会经历一些复杂的相变过程，在一定程度上导致电池能量密度和循环寿命的衰减。这是由于在

充电过程(脱钠)中,  $\text{Na}^+$  对过渡金属层的屏蔽作用逐渐减弱, 层间  $\text{O}2-$  之间的排斥力逐渐增大, 导致过渡金属层发生滑移而发生相转变, 进而降低了材料的循环稳定性。

从路线看,  $\text{P}2$ 、 $\text{O}3$  相为主流。 $\text{P}2$  相的理论容量略低于  $\text{O}3$  相。然而,  $\text{P}2$  相层状过渡金属氧化物材料具有更稳定的结构、更好的离子导电性和更好的倍率性能。

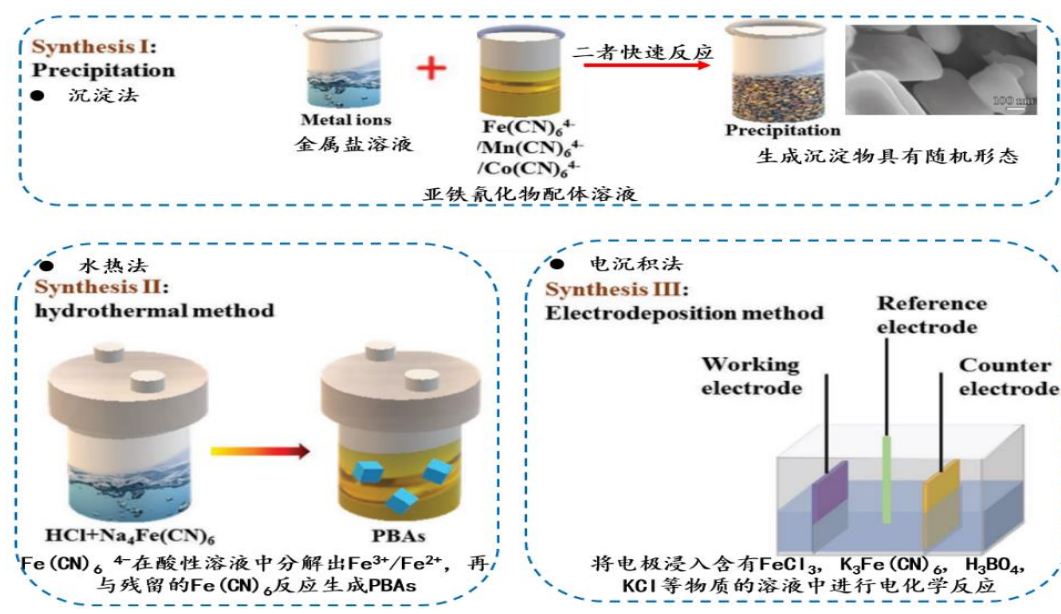
图表 12: 传统层状钠离子电池正极材料及其性能

| 材料类别                                    | 材料                                           | 充放电过程中的相变                                                            | 优势                                                 | 劣势                                                                     |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| O3- $\text{NaMeO}_2$                    | $\text{NaFeO}_2$                             | 由 $\text{O}3$ 向 $\text{O}'3$ 转变                                      | 低电压区间内能够保持可逆的<br>充放电容量                             | 截止电压升至 4.5V 时, 首次放电容量急剧下降                                              |
|                                         | $\text{NaCrO}_2$                             | $\text{O}3 \rightarrow \text{O}'3 \rightarrow \text{P}'3(\text{P}3)$ | 低电压区间内能够保持可逆的<br>充放电容量                             | 截止电压升至 4.5V 时, 首次放电容量急剧下降                                              |
|                                         | $\text{NaCoO}_2$                             | $\text{O}3 \rightarrow \text{O}'3 \rightarrow \text{P}'3(\text{P}3)$ | 截止电压升高时, 无过渡金属<br>离子迁移现象, 首次放电容量<br>无明显下降          | 随着充放电过程反复, 会发生晶格氧释放,<br>容量不断衰减                                         |
|                                         | $\text{NaNiO}_2$                             | $\text{O}3 \rightarrow \text{O}'3 \rightarrow \text{P}'3(\text{P}3)$ | 截止电压升高时, 无过渡金属<br>离子迁移现象, 首次放电容量<br>无明显下降          | 随着充放电过程反复, 会发生晶格氧释放,<br>容量不断衰减                                         |
|                                         | $\text{NaMnO}_2$                             | 未发现 $\text{P}$ 相存在                                                   | -                                                  | 容量衰减严重, 衰减机制尚未明确                                                       |
| $\text{P}2$ - $\text{Na}_x\text{MeO}_2$ | $\text{Na}_{0.74}\text{CoO}_2$               | 脱/嵌钠过程是由多个固溶体反应和两相反应交替变化组成 (由 $\text{Na}/$ 空位有序排列产生的结构重排所导致)         |                                                    |                                                                        |
|                                         | $\text{Na}_{0.59}\text{Mn}_{0.90}\text{O}_2$ | $\text{P}2 \rightarrow \text{P}'2$                                   | -                                                  | 具有高达 10% 的 $\text{Mn}$ 空位、电荷紊乱严重;<br>在 2.5 V 以下发生不可逆相变并导致容量不断衰减        |
|                                         | $\text{Na}_x\text{MnO}_2$                    | -                                                                    | 具有较高的可逆容量(可达 200<br>$\text{mA}\cdot\text{h/g}$ 以上) | -                                                                      |
| 水钠锰矿型氧化物 Birnessite                     |                                              | -                                                                    | 层间水分子支撑主体结构、屏蔽静电斥力, 充放电过程不易发生相变                    | 水分子的层间占位抑制 $\text{Na}$ 的嵌入量, 限制可逆比容量, 且随着反复的充放电, 层间水分子脱出会破坏其结构, 造成容量衰减 |

来源: 朱晓辉等《钠离子电池层状正极材料研究进展》, 国金证券研究所

普鲁士蓝理论比容量达  $170\text{mAh/g}$ , 但库伦效率较低、循环稳定性差。由于普鲁士蓝是在水溶液体系中合成, 其晶体骨架中不可避免地存在大量  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  空位和晶格水分子。 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  空位的存在会使得晶胞中  $\text{Na}^+$  的含量减少, 同时  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  空位在 PBAs 晶体中往往随机分布, 容易导致骨架坍塌, 影响晶体结构的稳定性, 降低循环性能。此外, 晶格水分子占用间隙空位, 抑制钠离子嵌入/脱出, 会降低库伦效率。

图表13: PBAs 的三种合成方法



来源:《Chemical Properties, Structural Properties, and Energy Storage Applications of Prussian Blue Analogues》, 国金证券研究所

图表14: PB 及 PBAs 复合材料及性能

| 复合方式       | 复合后材料                                        | 性能                                                                                                                                                            |
|------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 有机高分子聚合物复合 | PB@PANI 纳米立方体                                | 聚苯胺 PANI 具有独特的质子掺杂/去掺杂机制, 可提供高的比容量, 该复合材料在 2A/g 下经过 1000 次循环后比容量几乎没有衰减。                                                                                       |
|            | NMHFC@PPy                                    | 聚吡咯 PPy 作用: ①作导电涂层, 增加 PBAs 电子电导率, 提高材料倍率性能; ②作保护层, 减少 $\text{Mn}^{2+}$ 在电解液中的溶解 ( $\text{Mn}^{2+}$ 会催化电解液热分解), 改善材料循环性能; ③掺杂了 $\text{ClO}_4^-$ , 可提高复合材料比容量。 |
|            | MnHCF@PEDOT                                  | 聚(3,4-乙炔二氧噻吩) PEDOT 涂层可抑制 $\text{Mn}^{2+}$ 和 $\text{Fe}^{2+}$ 溶解, 抑制相变并改善电荷存储, 提升材料可逆容量和循环寿命。                                                                 |
| 石墨烯复合      | Fe-HCFNSs@GRs                                | 石墨烯包裹有效防止活性材料在有机电解液中溶解, 在一定程度上抑制副反应的发生, 在电流密度为 150mA/g 时, 经 500 次循环后, 比容量为 110mAh/g, 容量保持率为 90%。                                                              |
|            | $\text{K}_{0.33}\text{FeFe}(\text{CN})_6$    | 在 0.5C 下, 经过 1000 次循环后该复合材料具有 92.2% 的容量保持率。                                                                                                                   |
| 碳材料复合      | PB@C                                         | 在 20C 下经过 2000 次循环后比容量为 90mAh/g, 容量保持率为 90%。                                                                                                                  |
|            | $\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6/\text{C}$ | 3.4V 的高电位下可逆比容量达 90 mAh/g, 经 500 次循环后容量保持率为 88%, 在电流密度为 8C 时仍保持初始容量的 60%。                                                                                     |

来源: 李欢等《普鲁士蓝及普鲁士蓝类化合物材料在钠离子电池中的研究进展》, 国金证券研究所

#### ■ 聚阴离子化合物 $\text{Na}_x\text{My}(\text{XaOb})_z$

相较于层状氧化物, 其热稳定性及安全性更高, 但电子电导率较低, 常通过包覆、掺杂提高其电导率, 改善电化学性能。

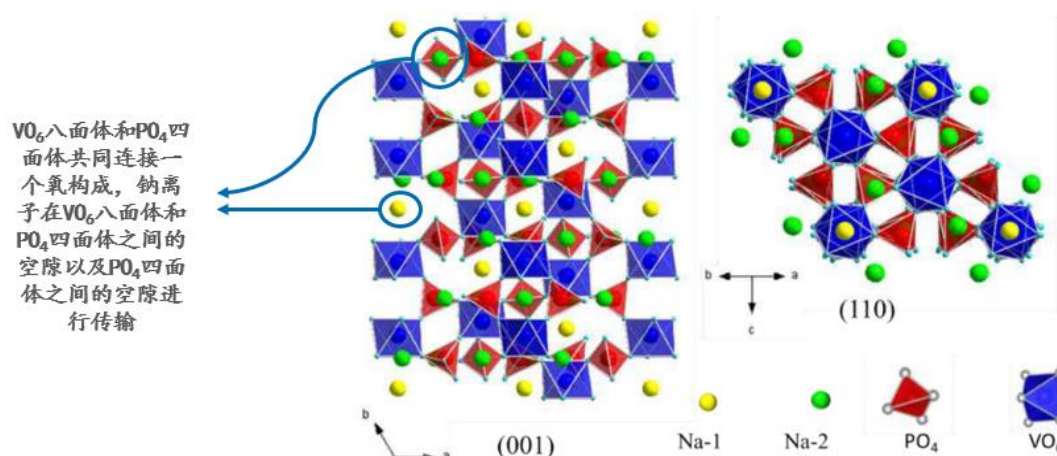
原理: 聚阴离子材料含有一系列四面体阴离子单元  $(\text{XO}_4)^{n-}$  和强共价键  $\text{MO}_x$  多面体。

四面体型阴离子单元  $(\text{XO}_4)^{n-}$ : 安全性的重要来源。  $(\text{XO}_4)^{n-}$  允许在开放框架中快速传导钠离子、稳定过渡金属在充放电过程中的氧化还原电位, 牢固的 X-O 共价键增加了晶格中氧的稳定性, 提高材料安全性。

结构多样、充放电体积变化小, 循环稳定性好。  $\text{MO}_6$  八面体与  $\text{XO}_4$  四面体共享角或边,

可定向嵌入/脱出离子，材料在充放电过程中体积变化及结构重排极小，使得材料具备较高的工作电压和良好的循环稳定性。

图表 15：聚阴离子化合物  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  的晶体结构图



来源：《O3 型层状氧化物正极材料的储钠性能研究》，国金证券研究所

聚阴离子化合物分类：主要可分为磷酸盐、焦磷酸盐、混合聚阴离子、硫酸盐以及含氟聚阴离子化合物等。钒基聚阴离子型电极因钒价态丰富 (V<sup>2+</sup>、V<sup>3+</sup>、V<sup>4+</sup>、V<sup>5+</sup>)、氧化还原电位较高、钠离子扩散快 (约 10<sup>-11</sup>~10<sup>-12</sup> cm/s)、结构稳定，成为目前聚阴离子化合物正极材料的研究重点。

图表 16：部分钒基聚阴离子型化合物的主要特征参数和性能水平

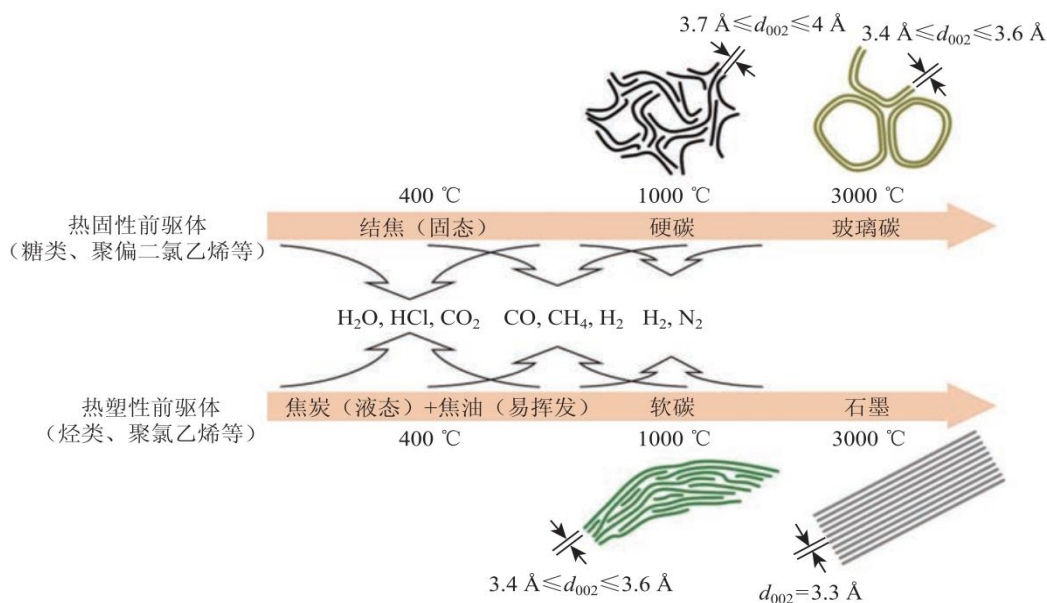
| 聚阴离子材料类型 | 物质                                                                                 | 结构                       | 电化学性能                                                                              |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 单一磷酸盐    | $\text{NaV}_2(\text{PO}_4)_3$                                                      | 三斜晶系(R/3c)               | 3.4 V(vs. Na <sup>+</sup> /Na), 116 mAh/g( $Q_{\text{TH}} = 117.6 \text{ mAh/g}$ ) |
| 含氟磷酸盐    | $\text{NaVPO}_4\text{F}$                                                           | 四方晶系(I4/mmm)             | 3.9 V(vs. Na <sup>+</sup> /Na), 135 mAh/g( $Q_{\text{TH}} = 143 \text{ mAh/g}$ )   |
| 其他磷酸盐    | $\text{Na}_4\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$                        | 斜方晶系(Pn2 <sub>1</sub> a) | 3.2 V(vs. Na <sup>+</sup> /Na), 129 mAh/g( $Q_{\text{TH}} = 129 \text{ mAh/g}$ )   |
| 单一硫酸盐    | $\text{Na}_6\text{Fe}_5(\text{SO}_4)_8$                                            | 单斜晶系(C2/c)               | 3.6 V(vs. Na <sup>+</sup> /Na), 110.2 mAh/g( $Q_{\text{TH}} = 120 \text{ mAh/g}$ ) |
| 含氟硫酸盐    | $\text{NaFeSO}_4\text{F}$                                                          | 单斜晶系(C2/c)               | 3.7 V(vs. Na <sup>+</sup> /Na), 105 mAh/g( $Q_{\text{TH}} = 138 \text{ mAh/g}$ )   |
| 其他硫酸盐    | $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                    | 单斜晶系(P2 <sub>1</sub> /c) | 3.25 V(vs. Na <sup>+</sup> /Na) 70 mAh/g( $Q_{\text{TH}} = 118 \text{ mAh/g}$ )    |
| 其他单一聚阴离子 | $\text{Na}_2\text{Fe}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$         | 单斜晶系(P2 <sub>1</sub> /c) | 3.3 V(vs. Na <sup>+</sup> /Na), 116 mAh/g( $Q_{\text{TH}} = 117 \text{ mAh/g}$ )   |
| 混合聚阴离子   | $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{HPO}_4)$                         | 单斜晶系(P2 <sub>1</sub> /c) | 3.2 V(vs. Li <sup>+</sup> /Li), 71 mAh/g( $Q_{\text{TH}} = 320 \text{ mAh/g}$ )    |
| 混合聚阴离子   | $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{SO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$ | 六方晶系(P6 <sub>2</sub> m)  | 3.2 V(vs. Na <sup>+</sup> /Na), 170 mAh/g( $Q_{\text{TH}} = 176 \text{ mAh/g}$ )   |

来源：易红明等《钠离子电池钒基聚阴离子型正极材料的发展现状与应用挑战》，国金证券研究所

## 2.2 负极：规模化能力为核心

相较于钠的半径和存储机制和锂相差较大，无法采用晶体状的石墨作为负极，主要采用无定型碳，主流路线可以分为软碳和硬碳。富氧前驱体通过固相碳化形成硬碳，即非石墨化碳，而富氢前驱体通常通过液相碳化形成石墨化碳（软碳）。通过固相碳化形成的硬碳材料中存在丰富的孔隙结构，而通过液相碳化形成的软碳基本上是无孔的大块状结构。钠电负极的性能机理研究尚未成熟，因此目前在生产过程中涉及了众多 know-how。

图表17：硬碳&软碳生产流程



来源：宁德时代钠离子电池发布会，国金证券研究所

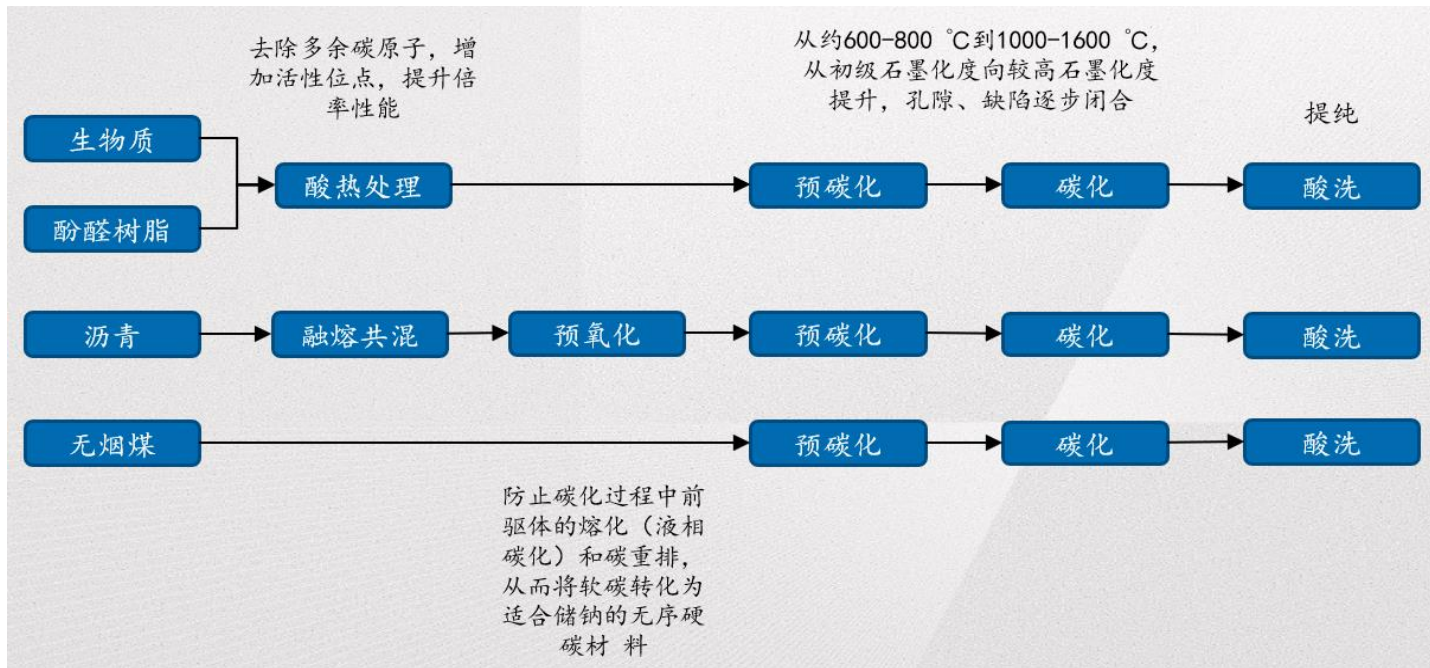
图表18：负极材料对比

| 材料                        | 石墨             | 硬碳           | 软碳             |
|---------------------------|----------------|--------------|----------------|
| 微观结构示意图                   |                |              |                |
| 原料                        | 天然石墨/沥青/石油焦    | 树脂/沥青/生物质    | 无烟煤/沥青等        |
| 碳化温度                      | 2500 - 3000 °C | <1500 °C     | 1000 - 1500 °C |
| 晶体结构 (Lc) (nm)            | >80            | 1.1 - 1.2    | 2 - 20         |
| 层间距离 (nm)                 | ≈0.335         | 0.37 - 0.42  | 0.34 - 0.37    |
| 钠离子电池比容量 (mAh/g)          | 35             | 330~350      | ~220           |
| 真实密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | ≈2.2           | 1.4 - 1.8    | ≈2.2           |
| 压实密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.5 - 1.8      | 0.9 - 1.0    | ≈1.2           |
| 电极膨胀率 (%)                 | ≈10            | ≈1           | 1 - 10         |
| 低温性能/快充性能                 | -15 °C/3 C     | -50 °C/>10 C | -20 °C/10 C    |
| 循环性能                      | 中              | 高            | 高温时快速下降        |
| 首周库伦效率                    | 极好             | 差            | 极好             |
| 安全性                       | 好              | 极好           | 极好             |
| 是否使用 PC 电解液               | 否              | 是            | 是              |
| 典型应用                      | 锂离子电池          | 锂/钠/钾离子电池    | 钠离子电池          |
| 成本                        | 低              | 高            | 中              |

来源：宁德时代钠离子电池发布会，国金证券研究所

软碳、硬碳生产工艺上大体类似，主体工艺为碳化，主要是原材料的区别，软碳成本低但容量也低，硬碳容量较高。硬碳按照原材料分为生物质、酚醛树脂、沥青基等，对于不同原材料、路线需要在工艺上进行持续的调整改进，因此材料的定型尤为关键。

图表19：钠电负极分类



来源：宁德时代钠离子电池发布会，国金证券研究所

从原材料选取上并无最终方案，生物质目前因为性能较好、成本较低走在产业化前面，酚醛树脂性能更好但成本较高，沥青基产业相对早期，但可规模化潜力较强。

图表20：钠电负极原材料分类

| 前驱体                                                             | 碳化温度(℃) | 容量-首周库伦效率(mAh/g) | 倍率性能(mAh/g)    | 循环次数 | 循环性能(mAh/g)  |
|-----------------------------------------------------------------|---------|------------------|----------------|------|--------------|
| 可再生棉花                                                           | 1300    | 315-83%          | 180/0.3 A g-1  | 100  | 305(97%)     |
| 聚苯胺                                                             | 1150    | 270-51.6%        | 40/3 A g-1     | 500  | 207(77%)     |
| 核桃壳                                                             | 1000    | 257-71%          | 48/2 A g-1     | 300  | 170(70.8%)   |
| 橡树叶                                                             | 1000    | 360-74.8%        | 270/0.04 A g-1 | 200  | 243(90%)     |
| 櫻桃花瓣                                                            | 1000    | 310.2-67.3%      | 25/1 A g-1     | 500  | 131.5(89.8%) |
| 海带                                                              | 1300    | 334-64.1%        | 96/1 A g-1     | 200  | 205(93%)     |
| 木质素                                                             | 1100    | 299-68%          | 77/3 A g-1     | 300  | 298(98%)     |
| 蜂窝                                                              | 900     | 221.5-59.8%      | 87.3/5 A g-1   | 200  | 203(91.6%)   |
| 柚子皮                                                             | 700     | 314.5-27%        | 71/5 A g-1     | 220  | 181(99.3%)   |
| 莲花茎                                                             | 1400    | 351-70%          | 150/0.5 A g-1  | 450  | 330(94%)     |
| 壳聚糖                                                             | 800     | 245-32.3%        | 55/5 A g-1     | 100  | 155(63.3%)   |
| 卤虫囊肿壳                                                           | 850     | 325-32%          | 63/5 A g-1     | 200  | 174(53.3%)   |
| 蛋壳膜                                                             | 1300    | 310-89%          | 142/0.5 A g-1  | 250  | 236(99%)     |
| 纸                                                               | 1300    | 338.2-91.2%      | 170/2 A g-1    | 1000 | 286.5(93%)   |
| 沥青                                                              | 1400    | 300.6-88.6%      | -              | 200  | 279.8(93.1%) |
| 软木衍生物                                                           | 1600    | 358-81%          | -              | 200  | 312(87%)     |
| 酚醛树脂                                                            | 1400    | 410-84%          | -              | 40   | 393.6(96%)   |
| Mg(C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> | 1500    | 478-88%          | 360/2.5 A g-1  | 35   | 450(94.1%)   |
| 聚乙烯吡咯烷酮                                                         | 1000    | 393.4-89%        | 79.9/2 A g-1   | 100  | 399.5(97.2%) |
| 氧化石墨烯                                                           | 1000    | 417-57.3%        | 83/5 A g-1     | 100  | 133(83%)     |
| filter paper-pitch                                              | 1000    | 282-80%          | 75/1.2 A g-1   | 100  | 191(74%)     |
| 木糖                                                              | 1200    | 363.8-84.93%     | 214/10 A g-1   | 400  | 337(92.6%)   |

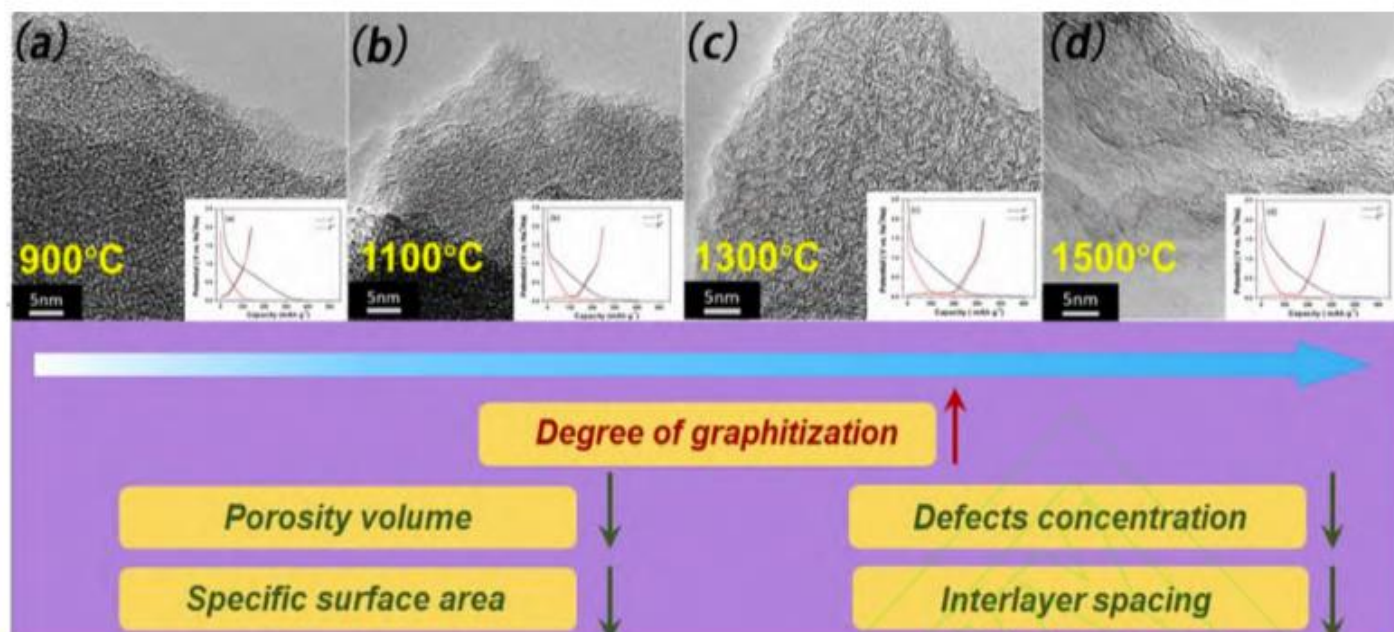
来源：宁德时代钠离子电池发布会，国金证券研究所

目前国内硬碳是指标上卡瓶颈的环节，容量、首效较低。由于硬碳储钠机理未清晰，硬碳性能的提升在初步的框架上更多依靠自行摸索。性能提升：(1) 通过调控前驱体的合成以及热解过程在微观上调控硬碳的孔隙结构和层间距；(2) 与其他材料的包覆和复合、杂原

子掺杂等来调控材料的缺陷程度和层间距；(3) 电解液的调控以及预钠化的处理。

**碳化：**碳化过程中碳化温度的控制非常关键。当前驱体在低温（约 600-800℃）下碳化时，其微观碳层结构通常表现出相对较低的石墨化程度且含有丰富的缺陷和孔隙率。此外，低温碳化的碳材料具有较大的比表面积，从而导致第一次循环中的材料表面上形成大量的 SEI 膜。随着碳化温度的升高，硬碳材料的石墨化程度会有所增强，材料中存在的孔隙也会逐渐塌陷和闭合，导致较低的表面积，使充放电循环中材料表面 SEI 膜减少。因此，在较高温度下热解的硬碳材料可给出高的 ICE 和比容量。但过高的温度会促进硬碳材料过度石墨化，从而带来比容量和钠离子扩散势垒方面的不利影响。所以，合成温度的过高反而会导致 ICE 和比容量的衰减。这可能与碳化温度范围和 前驱体的性质有关。鉴于此，为了获得理想的 ICE 和高的可逆比容量，碳化条件应控制在合理的范围内。

图表21：碳化机制



来源：《Fundamentals, status and promise of sodium-based batteries》，《室温钠离子电池技术经济性分析》，Chemical Book，国金证券研究所

**原子掺杂：**为了发挥硬碳材料的潜力，杂原子掺杂（通常是氮、硼、硫和磷）可以用来改善硬碳材料的特性，如表面结构、电子导电性、层间距等。氧元素广泛存在于大多数的有机前驱体中，由此所得的大多数硬碳材料都含有含氧官能团。这些含氧官能团的引入能够提供一些储钠的活性位点，从而增强可逆容量（图 13a）。但在许多研究中，含氧官能团被认为能催化电解质的分解并形成更厚的 SEI 层。因此，高氧含量通常与低的硬碳材料的 ICE 相关。

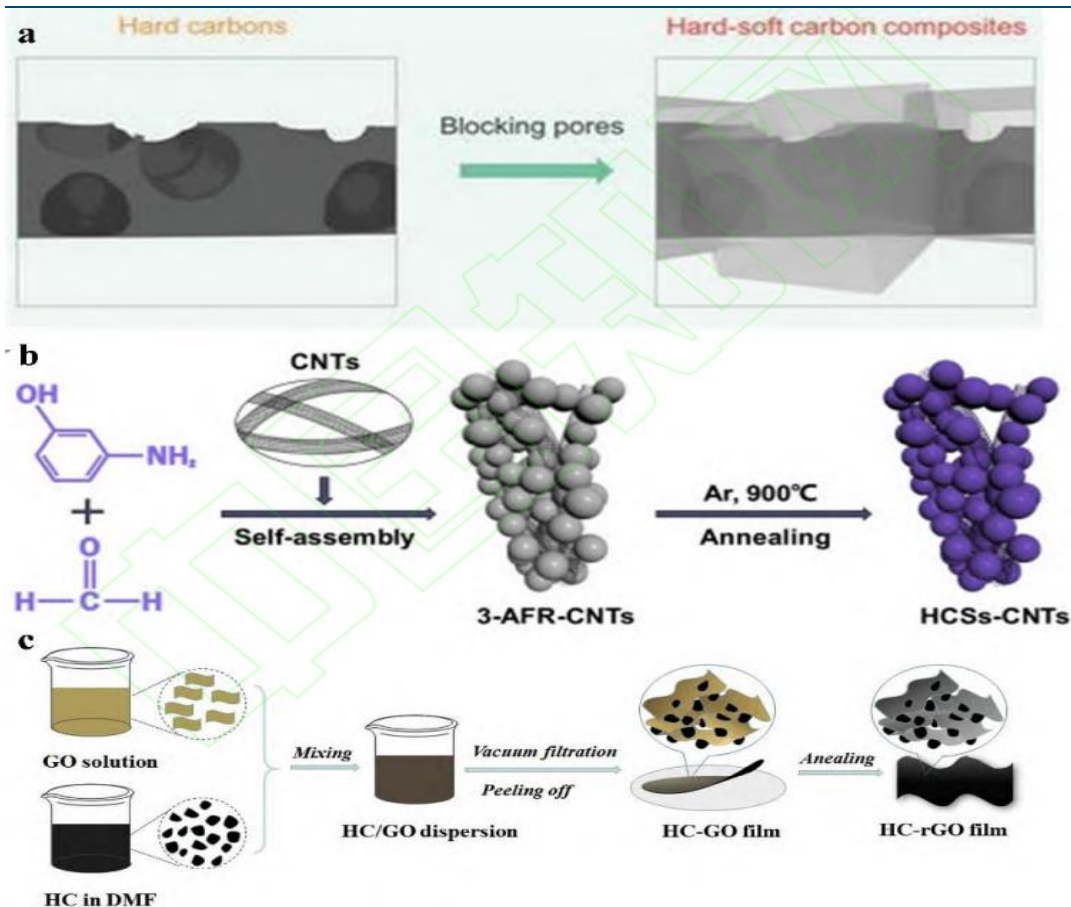
图表22：硬碳常见掺杂元素

|      | N                         | S              | P            |
|------|---------------------------|----------------|--------------|
| 作用   | 提高电子电导率并为硬碳材料提供更多的钠活性存储位点 | 有助于提高硬碳材料的可逆容量 | 扩大层间距并增加可逆容量 |
| 元素载体 | 吡啶-N、吡咯-N 和石墨-N           | 含硫前驱体          | 含氮前驱体        |

来源：《钠离子电池硬碳基负极材料的研究进展》，国金证券研究所

**碳材料复合：**将其它材料与硬碳材料复合是解决硬碳材料固有大比表面积和导电性不足的一种有效方法。例如，导电性碳材料（软碳、石墨、石墨烯、碳纳米管等）和硬碳材料的复合能够在一定程度上提高硬碳负极材料在钠离子电池中的电化学性能。

图表23：碳材料复合可提高硬碳负极材料在钠离子电池中的电化学性能

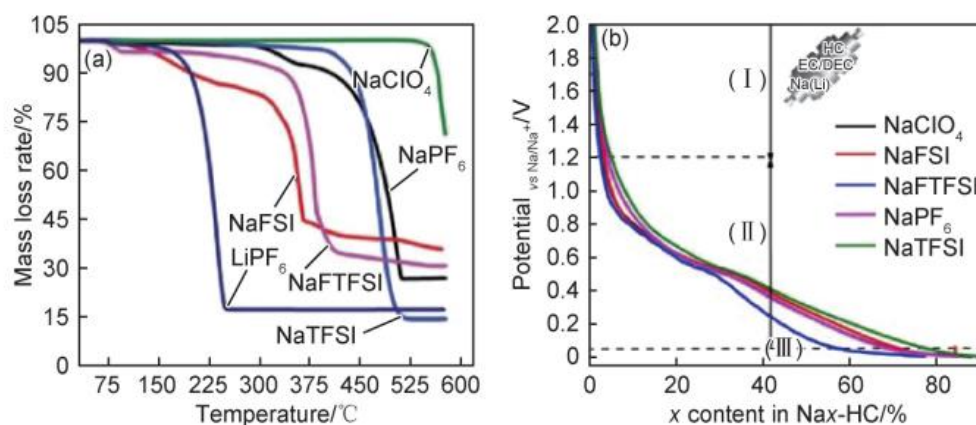


来源：《钠离子电池硬碳负极材料的研究进展》，国金证券研究所

## 2.3 电解液：体系变化，工艺延续主流

溶质：六氟磷酸钠为主流。六氟磷酸钠、次氯酸钠这两种盐是钠离子电池中最常用的体系，使用次氯酸钠基电解液作为碳质电极具有较高的容量和较高的库仑效率。含氟磺酰基团的钠盐虽然具有较高的热稳定性和无毒的特点，但是很少单独被用作钠盐来使用，这主要归因于其阴离子对铝箔集流体具有腐蚀作用。

图表24：使用次氯酸钠基电解液作为碳质电极具有较高的容量和较高的库仑效率

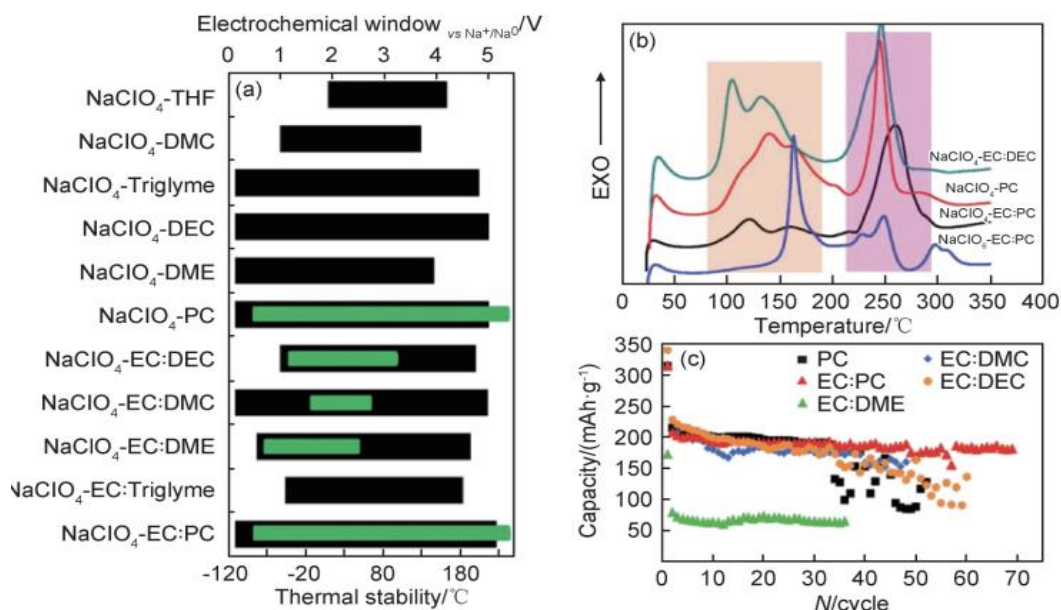


来源：《钠离子电池硬碳负极材料的研究进展》，国金证券研究所

溶剂：对于传统酯类来讲，EC/PC 基溶剂体系下，硬碳具有最好的循环稳定性。此外，在锂离子电池中，醚类电解液很少被作为电解质使用，因为它们在阳极上钝化能力差，在超过 4 V 以上的工作电压下不稳定。然而，近年来，在钠离子电池领域中，醚类电解质已经被广泛地使用，因为它们钠电体系中具有更好的抗氧化还原能力，相比酯类电解质其

可以在负极表面生成更薄和具有稳定的SEI膜和高的首次库伦效率。

图表25：钠电池溶剂-溶质体系



来源：《钠离子电池硬碳基负极材料的研究进展》，国金证券研究所

### 三、投资建议

- 电池降本趋势下，钠离子电池产业化大趋势持续确认，产业链多环节有望持续受益。重点推荐：宁德时代（钠电领军者，电池指标性能有意，规划2023年实现产业化）、多氟多（六氟磷酸钠龙头，布局一体化钠电池产业链）、振华新材（钠电材料龙头，下游客户优质）、贝特瑞（负极行业龙头，硬碳材料研发领先）、元力股份（硬碳材料新星，具有工艺协同、原材料供应优势）。

图表26：推荐标的盈利预测

|      | 归母净利润（亿元） |        |        |        | EPS（元/股） |       |       |       | PE    |       |       |
|------|-----------|--------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | 21A       | 22E    | 23E    | 24E    | 21A      | 22E   | 23E   | 24E   | 22E   | 23E   | 24E   |
| 宁德时代 | 159.31    | 307.29 | 440.35 | 540.05 | 6.84     | 12.58 | 10.02 | 12.28 | 22.51 | 18.35 | 14.37 |
| 多氟多  | 12.60     | 24.80  | 35.50  | 44.53  | 1.64     | 3.24  | 4.63  | 5.81  | 10.52 | 7.37  | 5.87  |
| 振华新材 | 4.13      | 12.80  | 14.35  | 18.26  | 0.93     | 2.89  | 3.18  | 4.03  | 15.16 | 13.77 | 10.86 |
| 贝特瑞  | 14.41     | 20.77  | 30.21  | 40.57  | 2.97     | 2.85  | 4.15  | 5.57  | 15.37 | 10.56 | 7.87  |
| 元力股份 | 1.52      | 2.18   | 2.69   | 3.43   | 0.49     | 0.61  | 0.74  | 0.94  | 29.16 | 24.03 | 18.86 |

来源：iFind，国金证券研究所

注：振华新材、元力股份盈利预测来源于iFind一致预期，截至2023年3月11日，宁德时代22年为实际值

### 四、风险提示

- 钠离子电池产业化进程不及预期
  - 钠离子电池尚处于产业化进程的初期，若未来无法顺利实现规模化量产，将导致生产成本偏高，产业化发展进程将受阻。
- 下游市场发展不及预期
  - 目前锂离子电池在动力及电化学储能领域均处于绝对主导地位，若未来市场仍然偏好锂离子电池，钠离子电池产业发展或将难以取得突破。

**行业投资评级的说明：**

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；

增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；

中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；

减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

## 特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

| 上海                        | 北京                        | 深圳                        |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 电话：021-60753903           | 电话：010-85950438           | 电话：0755-83831378          |
| 传真：021-61038200           | 邮箱：researchbj@gjzq.com.cn | 传真：0755-83830558          |
| 邮箱：researchsh@gjzq.com.cn | 邮编：100005                 | 邮箱：researchsz@gjzq.com.cn |
| 邮编：201204                 | 地址：北京市东城区建国门内大街 26 号      | 邮编：518000                 |
| 地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号       | 新闻大厦 8 层南侧                | 地址：中国深圳市福田区中心四路 1-1 号     |
| 紫竹国际大厦 7 楼                |                           | 嘉里建设广场 T3-2402            |